Megalodon

Der **Megalodon** (*Otodus megalodon*, Syn.: *Megaselachus megalodon*, *Carcharocles megalodon* oder *Carcharodon megalodon*) ist eine ausgestorbene Haiart aus der Familie der Otodontidae oder möglicherweise der Makrelenhaie (Lamnidae), die von Louis Agassiz im Jahr 1835 wissenschaftlich beschrieben wurde. Der Fossilbericht dieses Haies reicht vom oberen Miozän[1] bis zur Pliozän-Pleistozän-Grenze vor 3,6[1] oder 2,6 Mio. Jahren[2] und besteht aus weltweiten Zahn- oder (seltener) Wirbelfunden. Diese Art bevorzugte vermutlich die euphotische Zone warmer Meere. Mit einer geschätzten Maximallänge von 15,9 bis 20,3 Metern war *O. megalodon* wahrscheinlich die größte Haiart der Erdgeschichte. Merkmale umfassen die enorme Körpergröße und die großen, dreieckigen Zähne, weshalb diese Art früher der Gattung *Carcharodon* zugeordnet wurde. Neuere Studien vermuten aber eher, dass *O. megalodon* weniger nahe mit dem Weißen Hai verwandt war, und ordnen das Tier verschiedenen Gattungen zu (*Carcharocles*, *Megaselachus* oder *Otodus*, wovon erstere die geläufigste in wissenschaftlichen Arbeiten, letztere die heute gültige ist), die alle innerhalb der ausgestorbenen Familie Otodontidae liegen. Trotz der spärlichen Überreste beschäftigen sich zahlreiche Studien mit dem Körperbau, der Beißkraft und der Beute dieses Tieres. Der Name leitet sich von griechisch *μέγας (megas)* groß und *ὀδόν (odon)* Zahn ab.

Inhaltsverzeichnis

Fossilbericht und Verbreitung

Merkmale

- Zähne und Kiefer
- Wirbel
- Größe
- Körperbau

Systematik

Paläobiologie

- Beißkraft
- Ernährung
- Kinderstuben

Aussterben

Megalodon

Künstlerische Darstellung eines Megalodon. Um einen Eindruck von der Größe zu vermitteln, ist auf der Abbildung die Jagd auf zwei Wale der Gattung *Eobalaenoptera* illustriert.

Zeitliches Auftreten	
Burdigalium (Miozän) bis Pliozän 10,3 bis 3,6[1] oder 2,6 Mio. Jahre	
Fundorte	
▪ Weltweit	
Systematik	
ohne Rang:	Haie (Selachii)
Überordnung:	Galeomorphii
Ordnung:	Makrelenhaiartige (Lamniformes)
Familie:	Otodontidae
Gattung:	*Otodus*
Art:	Megalodon
Wissenschaftlicher Name	
Otodus megalodon (Agassiz, 1835)	

Ausstellung
Literatur
Weblinks
Einzelnachweise

Fossilbericht und Verbreitung

Die Existenz des Megalodons wird durch fossile Zähne dokumentiert, die auf ein Alter von 2 bis 17 Millionen Jahren datiert wurden.[3] Sie wurden in Australien,[4] Europa,[5][6] Afrika, Indien, Japan, Süd-[7] und Nordamerika gefunden,[8] was auf eine weltweite Verbreitung hindeutet.[3] Einige dieser Zähne sind mehr als 18 cm lang.[9] Ähnlich wie der heutige Weiße Hai bevorzugte auch *Otodus megalodon* wahrscheinlich Küstenregionen in warmen Meeren.[4] Die Zähne werden meistens in Sedimenten gefunden, die auf Meerestiefen von weniger als 200 m hindeuten, allerdings ist es möglich, dass *O. megalodon* auch in Meerestiefen von bis zu 300 m vorkam.[10] Seine riesigen Zähne wurden von steinzeitlichen Menschen für Speerspitzen und Ähnliches verwendet.[11] Gewöhnlich überdauern bei Knorpelfischen lediglich Zähne und lassen Rückschlüsse auf das Tier zu, der verkalkte Skelettknorpel ist hingegen kaum erhaltungsfähig. Deshalb gibt es von Megalodon lediglich vereinzelte Wirbelfunde sowie Bissspuren an Walknochen.[12] Das am besten erhaltene Exemplar (IRSNB 3121) ist durch eine Wirbelsäule aus dem Miozän von Belgien bekannt. Fast 150 Wirbel konnten ihm zugeordnet werden. Der Durchmesser der Wirbel reicht von 55 bis 155 mm. Das Exemplar wird auf eine Größe von 9,2 m geschätzt.[13] Der größte bekannte Wirbel, der *O. megalodon* zugeordnet werden kann, wurde in Dänemark gefunden und hat einen Durchmesser von ungefähr 230 mm.[14] Einige prismatische Knorpel aus späten känozoischen Schichten könnten zu *O. megalodon* gehören, allerdings ist dies umstritten.[15]

Zahn eines Megalodons

16 Meter lange plastische Lebendrekonstruktion von Megalodon. Im Vordergrund ein Kiefer.

Merkmale

Zähne und Kiefer

O. megalodon hatte dreieckige Zähne mit fein gesägten Schneidekanten und einer V-förmig eingebuchteten Zahnwurzel. Während die vorderen Zähne groß und symmetrisch sind, sind die hinteren eher asymmetrisch mit einer leicht schrägen Krone.[3] Neben den vorderen und hinteren Zähnen verfügte *O. megalodon* noch über seitliche Zähne und Zwischenzähne (engl. *intermediate tooth*) im Oberkiefer. Im Oberkiefer verfügt *O. megalodon* über vier vordere Zähne, zwei Zwischenzähne, 14 seitliche und acht hintere Zähne. Im Unterkiefer sind es sechs vordere, 16 seitliche und acht hintere Zähne.[8] In einigen Studien wird nur zwischen vorderen und seitlichen Zähnen unterschieden.[16] Seitliche Zacken an der Zahnwurzel (welche bei den Verwandten von *O. megalodon* vorkommen) fehlen, allerdings sind sie bei Jungtieren gelegentlich vorhanden.[3] Die Zähne sind breit, aber nicht sehr dick.[12] Auf Basis der Zahngröße und den Proportionen eines heutigen

Weißen Hais wurde ein Gebiss rekonstruiert, das groß genug gewesen wäre, einen aufrecht stehenden Menschen zu verschlingen. Das Gebiss wird auf eine Breite von über 3 Meter und eine Höhe von über 2,5 Meter geschätzt.[9] Die Kiefer wurden von Gottfried und Kollegen als größer, robuster, massiver und mit stärkeren Muskeln als die des Weißen Hais rekonstruiert.[17]

Kieferrekonstruktion eines Megalodons, ausgestellt im American Museum of Natural History

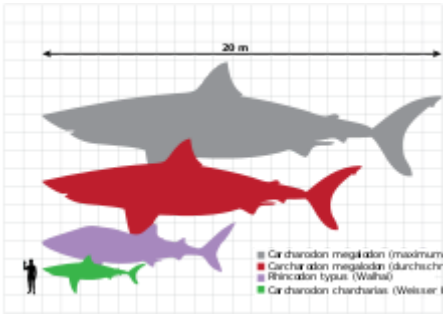
Wirbel

Wirbel von *O. megalodon* werden selten gefunden, 20 Wirbel aus der Gram Formation (Oberes Miozän, Dänemark) erlauben jedoch Einblicke in die Wirbelanatomie von *O. megalodon*. Die Wirbelkörper waren kurz und hoch gebaut. Alle Wirbel verfügten über verkalkte Oberflächen in den Gelenkhöhlen.[14] Die Wirbel unterscheiden sich von denen des Riesenhais (welche oft in denselben Formationen gefunden werden und ähnlich groß sind) durch dickere Wände, einen weniger länglichen Bau und kleinere Löcher in der Mitte. Es wird vermutet, dass die Wirbelsäule von *O. megalodon* aus 190 bis 200 Wirbeln bestand, womit sie deutlich mehr Wirbel hätte als die des Weißen Hais.[13]

Kieferrekonstruktion eines Megalodons, ausgestellt im National Aquarium in Baltimore

Größe

Über die Größe von *O. megalodon* gibt es unterschiedliche Meinungen. Frühere Schätzungen reichten von 9 bis 30 Meter. Die 30-Meter-Angaben wurden später (1994) als nicht haltbar angesehen, darauf folgende Schätzungen gingen von 12 bis 18 Meter als Spanne für die Größe eines erwachsenen Megalodon aus.[18] Michael Gottfried (1996) errechnete die Größe des größten damals bekannten Exemplars, basierend auf einem 168 mm hohen Zahn. Die Berechnungen basieren auf der Vermutung, dass das Verhältnis zwischen der Höhe der vorderen Zähne und der Gesamtlänge Ähnlichkeiten mit dem eines Weißen Hais aufwies. Diese Vermutung wird dadurch gestützt, dass Weiße Haie bereits relativ große Zähne haben und dass *O. megalodon* proportional breitere Zähne hatte als der Weiße Hai. Daher sind proportional längere Zähne unwahrscheinlich. Gottfried gab eine konservative Rechnung von 15,9 Metern und ungefähr 50 Tonnen, eine mittlere Angabe von 17 Metern und 60 Tonnen und eine großzügige Angabe von 20,2 Metern und 103 Tonnen.[19] Diese Methode und die Zahlenangaben sind relativ weit akzeptiert.[20][21] Mit einer vergleichbaren Methode kommt Kenshu Shimada im Jahr 2019 auf Körperlängen von 14,2 bis 15,3 Meter, wobei sich der letztere Wert auf den auch von Gottfried 1996 verwendeten Zahn bezieht. Nach Shimadas Auffassung wurden Größen über 15 Meter aber nur selten erreicht.[22]



Megalodon (grau und rot) mit einem Walhai (violett), Weißen Hai (grün) und einem Menschen (schwarz)

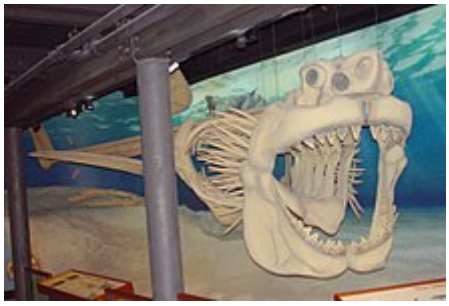
Eine alternative Methode benutzt die Zahnweite der oberen vorderen Zähne zur Berechnung der Größe. Mit ihr lässt sich der Besitzer eines 12 Zentimeter weiten Zahns auf 16,5 Meter Gesamtlänge schätzen. Die Methode wird dadurch gestützt, dass sich der Kieferumfang (welcher sich aus der Weite des größten Zahns ergibt) proportional zur Größe des Tieres verhält. Dieses Prinzip ist bei den meisten großen Haien anwendbar.[23]

Exemplare mit einer Körpergröße von weniger als 10,5 Metern werden als Jungtiere und Exemplare mit einer Größe von weniger als 4 Metern als Neugeborene definiert.[24] Gottfried vermutet, dass Männchen Größen von 10 bis 14 Metern erreichten, während laut seinen Angaben Weibchen 13 bis 17 Meter erreichten.[25]

Ursprünglich deuteten Vergleiche von Zähnen aus verschiedenen lithostratigraphischen Einheiten darauf hin, dass die Größe von *O. megalodon* mit der Zeit zunahm.[26] Jedoch konnte eine Studie aus dem Jahr 2015 diese Hypothese anhand von 544 *O. megalodon*-Zähnen aller Altersstufen nicht bestätigen. Körperlänge wurde hier mithilfe der Zahnhöhe berechnet, als Basis dafür dient der Weiße Hai.[27] Die Körperlänge der Exemplare reichte (laut der genannten Berechnung) von 2,2 bis 17,9 Meter mit einem Durchschnittswert von ungefähr 10 Meter.[28] Der höchste Durchschnittswert findet sich bei Exemplaren aus dem späten Miozän.[29]

Körperbau

Über den Körperbau ist so gut wie nichts bekannt, da außer einigen Wirbeln und Zähnen nichts gefunden wurde. Dennoch gibt es ein rekonstruiertes Skelett, basierend auf dem des Weißen Hais. Dort wird *O. megalodon* mit einem proportional breiteren Kiefer und proportional etwas längeren Flossen als der heutige Weiße Hai dargestellt; außerdem ist er in der Rekonstruktion viel kräftiger gebaut.[17]

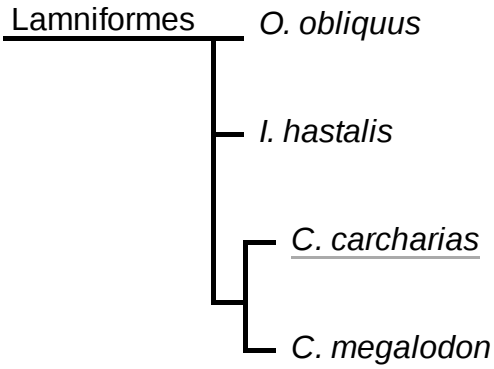


Rekonstruiertes *O.-megalodon*-Skelett. Ausgestellt im Calvert Marine Museum.

Andere Forscher vermuten, dass *O. megalodon* mit dem Sandtigerhai näher verwandt war als mit dem Weißen Hai und daher diesem ähnlicher sah. Bretton Kent bezweifelt dies jedoch, da der Körperbau der Sandtigerhaie auf Beschleunigung ausgelegt ist. Um die Schwimmfähigkeit beizubehalten, brauchte ein derart großer Sandtigerhai proportional viel größere Flossen. Sie wären beim Schwimmen hinderlich, weil für ihre Bewegung viel Kraft notwendig wäre. Daher vermutet Kent, dass die einzige Körperform, die für einen derart großen Hai in Frage käme, eine sei, die auf energiesparende Dauergeschwindigkeit ausgelegt ist. Kent schlägt Wal- und Riesenhaie als Basis für die Körperform vor. Diese haben eine sichelförmige Schwanzflosse und eine kleine Afterflosse. Diese Körperform verringert die Zugkraft beim Schwimmen. Andere große Schwimmer (Weiße Haie, Makohaie, Speerfische und Thunfische) verfügen ebenfalls über solche Merkmale.[30]

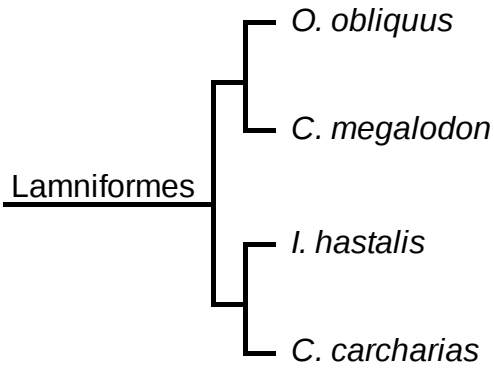
Systematik

Ursprünglich wurde *O. megalodon* von Louis Agassiz, dem Autor der Erstbeschreibung, aufgrund der ähnlichen Zahnform neben dem Weißen Hai als weitere Art in die Gattung *Carcharodon* gestellt.[31] Spätere Forscher unterstützten diese Klassifikation damit, dass der zweite Vorderzahn im Oberkiefer bei beiden Arten symmetrisch und jeweils der größte Zahn im Kiefer ist.[32] Vergleichsuntersuchungen von Gordon Hubbel widersprechen jedoch dieser alten These. Hubbel stellte fest, dass beim Weißen Hai der dritte Zahn im vorderen Teil des Oberkiefers um einiges kleiner ist als die ersten beiden. Bei *O. megalodon* ist dieser nur geringfügig kleiner als die ersten beiden. Außerdem hat dieser Zahn beim Weißen Hai einen größeren Neigungswinkel. Hubbel schließt daraus, dass *O. megalodon* wahrscheinlich nicht (wie früher angenommen) der Vorfahre des Weißen Hais war und keine rezenten Nachfahren hat.[33] Wenn man der Hypothese unterschiedlicher Gattungszugehörigkeit folgt, stammte der Weiße Hai wahrscheinlich von einer Gruppe ausgestorbener Makohaie ab,[34] was durch vergleichende Untersuchungen zwischen dem Weißen Hai und dem ausgestorbenen Makohais *Isurus hatalis* unterstützt wird. In einer Analyse aus dem Jahr 2006 wurde ein Stammbaum von Nyberg und Kollegen veröffentlicht:[35]



Nachfolgend unterstützten die meisten Wissenschaftler die Annahme, dass *O. megalodon* zur Gattung *Carcharocles* gehört,[3] die 1923 aufgestellt wurde.[36] Wenn man der *Carcharocles*-Theorie folgt, gehörte Megalodon nicht zur Familie Lamnidae, sondern zur Familie Otodontidae.[3] Wahrscheinlich war die Gattung *Carcharocles* ein Schwestertaxon der Gattungen *Otodus* und *Parotodus*.[37]

Es folgt ein Kladogramm von Hubbel und Kollegen aus dem Jahr 2009, welches Megalodon als Schwestertaxon von *Otodus* aufführt:[38]



Bereits Anfang der 2010er Jahre zeigten einzelne phylogenetische Untersuchungen, dass Megalodon innerhalb der Otodontidae die Terminalform der *Otodus*-Gruppe bildet und durch die Ausgliederung in eine eigene Gattung *Otodus* wiederum poly- beziehungsweise paraphyletisch wird. Einige Wissenschaftler sahen daher Megalodon innerhalb der Gattung *Otodus*.[39] Letztendlich überführten Kenshu Shimada und Forscherkollegen im Jahr 2017 Megalodon in die Gattung *Otodus*,[40] was in der Folgezeit auch von anderen Wissenschaftlern unterstützt wurde.[41][1]

Manche Autoren ordnen *O. megalodon* einer eigenen Gattung namens *Megaselachus* zu, weil Megalodon die seitlichen Zacken an der Zahnwurzel (wie bei anderen *Carcharocles*-Arten) fehlen.[42] Andere verwenden *Megaselachus*, einschließlich Megalodon, sowie auch *Carcharocles* als Untergattung von *Otodus*.[41]

Obwohl nicht so nah verwandt wie ursprünglich vermutet, hat der Weiße Hai von den rezenten Makrelenhaien am meisten mit *O. megalodon* gemeinsam und wird am häufigsten für Vergleiche herangezogen.[3] Das liegt zum Teil daran, dass die Makrelenhaie als nächste heute lebende Verwandte der Otodontidae gesehen werden.[43]

Paläobiologie

Beißkraft

Für *O. megalodon* gibt es Berechnungen der Beißkräfte, basierend auf einer Skalierung vom Weißen Hai. Das verwendete Individuum ist ein Jungtier, das 2,5 m lang und 240 kg schwer ist. Im hinteren Teil des Kiefers beträgt die Beißkraft des verwendeten Individuums ungefähr 3,1 kN. Zum Skalieren wurden die Gewichtswerte von Gottfried (1996) verwendet. Für die niedrigere Grenze (~50 t) wurde eine Beißkraft von rund 109 kN ermittelt. Für die obere Grenze von 103 t war das Ergebnis nach Computerberechnungen 182 kN. Damit wäre die Beißkraft des Megalodons bis zu zehnmal so stark wie die in derselben Studie errechnete Beißkraft des Weißen Hais.[21]

Die Forscher weisen darauf hin, dass die Kräfte, die beim Biss auf das Beutetier einwirkten, wahrscheinlich höher waren als die errechneten Werte. Das liegt daran, dass Haie beim Töten ihrer Beute ihre Kiefer oft schütteln.[44]

Zähne eines Megalodon, im Naturhistorischen Museum Wien

Ernährung

O. megalodon war vermutlich ein Spitzenprädator,[45] der sich von Walen ernährte. Davon zeugen Zahnspuren in den Flossen und Wirbeln von großen Walen.[8][46] Zudem gibt es geheilte Bissspuren in einem Bartenwal-Wirbel, verursacht von einem eher jüngeren *O. megalodon*-Exemplar (Zahnweite von knapp 6 cm, errechnete Länge von 4 bis 7 m, errechnete Zahnhöhe von 7 bis 8 cm). Allerdings ist nicht entscheidbar, ob der Zahnabdruck von einem *O. megalodon*, einem Weißen Hai, einem *Parotodus* oder einem anderen Tier (zum Beispiel einem Zahnwal) stammte. Aufgrund der vermuteten Kieferform ist ein Hai als Verursacher jedoch am wahrscheinlichsten.[47] Es wird vermutet, dass *O. megalodon* bevorzugt große Wale jagte, Jungtiere werden als Jäger von kleineren Walen gesehen. Hinweise darauf liefert der Umstand, dass größere Bartenwale in den bevorzugten Jagdgründen der Jungtiere fehlten.[46] Sehr junge Exemplare fraßen vermutlich Fische[24] oder vielleicht sogar Dugongs.[48]

Walwirbel mit *O. megalodon*-Bissspuren.

Im Pliozän waren Bartenwale, Zahnwale und Robben sehr zahlreich vorhanden. Sie werden als passende Beutetiere gesehen und waren wahrscheinlich im Beutespektrum von *O. megalodon* enthalten.[8] Man vermutet einen Zusammenhang zwischen der großen Artenvielfalt von Walen am Anfang des Miozän und dem Auftauchen von *O. megalodon*.[45]

In seichten, tropischen Meeren waren Fische, Schildkröten, Seekühe und kleine Wale vermutlich die bevorzugte Beute.[49]

Von 70 untersuchten Bissen in Walknochen waren in zwei Drittel der Fälle die Flossen, die Schultern oder die Brustwirbel das Ziel des Angriffs.[12] Aufgrund der Platzierung der Bisse wird vermutet, dass *O. megalodon* zuerst die Flossen seiner Opfer abriss, und sie damit bewegungsunfähig machte.[50] Da viele Bisse in der Schulter- oder Brustregion erfolgen, wird außerdem vermutet, dass *O. megalodon* die Knochen des Opfers

angriff, welche von Weißen Haien meistens gemieden werden. Wahrscheinlich griff *O. megalodon* wichtige Organe wie die Lunge oder das Herz an, was den sofortigen Tod einleitet, anders als der Biss des Weißen Hais, der das Opfer eher verbluten lässt.[12]

Als Gründe für das Aussterben des *O. megalodon* werden das Verschwinden mancher Walarten und das Auftreten neuer schnellerer Walarten vermutet sowie eine Abkühlung der Meere, die zum Aussterben vieler Beutetiere führte.

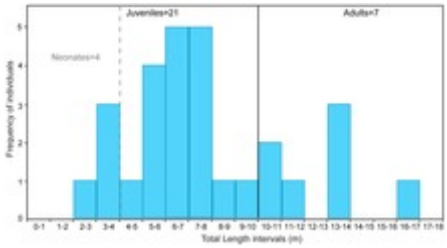
Kinderstuben

In der Gatun Formation (Panama) wurden im Jahr 2010 Zähne gefunden, die 32 *O. megalodon*-Exemplaren zugeordnet wurden. Von diesen Exemplaren waren 21 Jungtiere (Körpergröße von 4 bis 10 Meter) und vier Neugeborene (Körpergröße von 2 bis 4 Meter). Aufgrund der Tatsache, dass die meisten Exemplare nicht ausgewachsen waren, wird davon ausgegangen, dass es sich bei der *Gatun Formation* um eine Kinderstube handelte, wo junge *O. megalodon*-Exemplare Schutz vor Raubtieren und reichlich Nahrung fanden. In der *Gatun Formation* wurden größere Zähne gefunden, die wahrscheinlich zu erwachsenen Tieren gehörten. Sie waren vermutlich Fressfeinde der Jungtiere.[24]

Zähne von *O. megalodon*-Exemplaren in der Gatun Formation.

Im Jahr 2013 wurden 22 weitere Exemplare in dieser Formation gefunden. Die meisten davon waren Jungtiere, was die Kinderstuben-Hypothese stützt. Da auch von anderen Haiarten dort Zähne von Jungtieren gefunden wurden, wird vermutet, dass diese Region von verschiedenen Haiarten als Kinderstube genutzt wurde.[51]

Andere Kinderstuben wurden nahe dem Peace River in Kanada und in der Bone Valley-Region in Florida gefunden. In beiden Regionen gibt es auch Knochen von Dugongs, Delfinen und kleinen Walen. In letzterer sind Knochen genannter Tiere mit Bissspuren bekannt, die wahrscheinlich von *O. megalodon*-Jungtieren stammen.



Größenklassen der *O. megalodon*-Exemplare aus der Gatun Formation.

Eine andere mögliche Kinderstube befindet sich in South Carolina. Hierbei ist es allerdings unsicher, ob es sich um eine Kinderstube handelt, da Zähne von neugeborenen *O. megalodon*-Exemplaren fehlen.[48]

Da Kinderstuben nur in warmen Regionen bekannt sind, wird vermutet, dass junge *O. megalodon*-Exemplare kälteempfindlicher waren als erwachsene.[52]

Aussterben

Zum Aussterben von *O. megalodon* gibt es verschiedene Hypothesen. Eine besagt, dass die Entstehung des Isthmus von Panama den Weg zu den warmen Gewässern im westlichen Atlantik blockierte, die *O. megalodon* als Kinderstube brauchte.[53]

Andere Hypothesen vermuten zu starke Konkurrenz mit anderen Raubtieren wie Schwertwalen oder Weißen Haien. Schwertwale sind (ähnlich wie *O. megalodon*) Jäger von großen Walen und stellten daher Konkurrenz für ausgewachsene Tiere dar, während Weiße Haie möglicherweise Rivalen (oder Jäger) von Jungtieren

waren. Es ist auch möglich, dass große Gruppen von Schwertwalen Jagd auf *O. megalodon* gemacht haben.[53]

Eine letzte Hypothese besagt, dass die Beute von *O. megalodon* ebenfalls eine Rolle gespielt hat. Im Pliozän entwickelten Wale fortgeschrittenere Schwanzflossen und Schwimmmuskeln. Daher ist es möglich, dass *O. megalodon* sie nicht mehr jagen konnte, weil sie dadurch zu schnell geworden waren. Hinzu kommt noch, dass in dieser Zeit viele Wale in die Polarregionen wanderten, wohin *O. megalodon* sie nicht verfolgen konnte.[53]

Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Grund für das Aussterben von *O. megalodon* in einer Kombination mehrerer dieser Faktoren lag.[54]

Möglich ist auch, dass die (vermutete) mit der Zeit zunehmende Größe von *O. megalodon* eine Rolle spielte, weil große Tiere meistens empfindlicher gegenüber Veränderungen in ihrer Umgebung sind als kleinere.[26]

Es gibt Vermutungen, dass *O. megalodon* bis heute in der Tiefsee überlebt habe. Dies ist jedoch unwahrscheinlich, da ein Leben in der Tiefsee Anpassungen an die extremen Bedingungen dort erfordert und *O. megalodon* Verhalten und Anatomie in kürzester Zeit komplett hätte verändern müssen.[55]

Ausstellung

Das Oberösterreichische Landesmuseum in Linz zeigt in seiner Dauerausstellung *Natur Oberösterreich* seit 2010 ein Modell des Megalodon. Es wurde von dem Aachener Präparator Werner Kraus unter Berücksichtigung von letzten wissenschaftlichen Veröffentlichungen über Fossilien, auch über die aus der *Pisco-Formation* in Peru, erstellt.[56] Im *Calvert Marine Museum* (CVM) in Solomons, (Maryland) in den USA ist ein rekonstruiertes *O.-megalodon*-Skelett ausgestellt. Außerdem gibt es eine ausgestellte Wirbelsäule im Musée Royal d'Histoire Naturelle in Brüssel.[13]

Literatur

- M.D. Gottfried, L.J.V. Compagno, S.C. Bowman: *Size and Skeletal Anatomy of the Giant "Megatooth" shark Carcharocles megalodon*. In: *Great White Sharks: The Biology of Carcharodon Carcharias*. Academic Press, 1996, ISBN 0-12-415031-4, S. 55–66.
- Purdy, Robert W.: *Paleoecology of Fossil White Sharks*. In: *Great White Sharks: The Biology of Carcharodon Carcharias*. Academic Press, 1996, ISBN 0-12-415031-4, S. 67–78.
- Pimiento C, Ehret DJ, MacFadden BJ, Hubbell G: *Ancient Nursery Area for the Extinct Giant Shark Megalodon from the Miocene of Panama*. In: *PLoS ONE*. Band 5, Nr. 5, 2010, S. 1–5, doi:10.1371/journal.pone.0010552 (https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010552).
- Catalina Pimiento, Gerardo González-Barba, Dana J. Ehret, Austin J. W. Hendy, Bruce J. MacFadden und Carlos Jaramillo: *Sharks and Rays (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Late Miocene Gatun Formation of Panama*. In: *Journal of Paleontology*. Band 87, Nr. 5, 2013, ISSN 0022-3360 (https://zdb-katalog.de/list.xhtml?t=iss%3D%220022-3360%22&key=cql), S. 755–774, doi:10.1666/12-117 (https://doi.org/10.1666/12-117) (stri.si.edu (http://stri.si.edu/sites/publications/PDFs/STRI-W_Pimiento_et_al_2013_Sharks_and_Rays_from_Gatun.pdf) [PDF]).
- Catalina Pimiento, Meghan A. Balk: *Body-size trends of the extinct giant shark Carcharocles megalodon: a deep-time perspective on marine apex predators*. In: *Paleobiology*. Band 41, Nr. 3, 2015, S. 479–490, doi:10.1017/pab.2015.16 (https://doi.org/10.1017/pab.2015.16) (journals.cambridge.org (http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2F2582_8364482C09D553A63B8DDC292F702484_journals__PAB_PAB41_03_S0094837315000160a_hi.pdf&cover=Y&code=843d1f5e5bdbe8b014e1b68b258da7cd) [PDF]).

- Bendix-Almgreen: *S. E.: Carcharodon megalodon from the Upper Miocene of Denmark, with comments on elasmobranch tooth enameloid: coronoi'n*. In: *Bull. geol. Soc. Denmark*. Band 32. Copenhagen 1983, S. 1–32 (2dgf.dk (http://2dgf.dk/xpdf/bull32-01-02-1-32.pdf) [PDF]).
- Orangel Aguilera und Dione Rodrigues de Aguilera: *Giant-toothed White Sharks and Wide-toothed Mako (Lamnidae) from the Venezuela Neogene: Their Role in the Caribbean, Shallow-water Fish Assemblage*. In: *Caribbean Journal of Science*. Band 40, Nr. 3, 2004, S. 368–382 (caribjsci.org (http://caribjsci.org/dec04/40_368-382.pdf) [PDF]).
- Mark Renz: *Megalodon: Hunting the Hunter*. In: *PaleoPress*. 2002, ISBN 0-9719477-0-8, S. 1–159 (books.google.com (http://books.google.com/books?id=cMRe5GmDXmUC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)).
- Wroe, S., Huber, D. R., Lowry, M., McHenry, C., Moreno, K., Clausen, P., Ferrara, T. L., Cunningham, E., Dean, M. N., and Summers, A. P: *Three-dimensional computer analysis of white shark jaw mechanics: how hard can a great white bite?* In: *Journal of Zoology*. Band 276, Nr. 4, 2008, ISSN 0952-8369 (https://zdb-katalog.de/list.xhtml?t=iss%3D%220952-8369%22&key=cql), S. 336–342, doi:10.1111/j.1469-7998.2008.00494.x (https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2008.00494.x) (bio-nica.info (http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Wroe2008GreatWhiteSharkBiteForce.pdf) [PDF; 91 kB]).
- Nyberg K.G, Ciampaglio C.N, Wray G.A: *Tracing the ancestry of the Great White Shark*. In: *Journal of Vertebrate Paleontology*. Band 26, Nr. 4, 2006, S. 806–814, doi:10.1671/0272-4634(2006)26[806:TTAOTG]2.0.CO;2 (https://doi.org/10.1671/0272-4634%282006%2926%5B806%3ATTAOTG%5D2.0.CO%3B2) (biology.duke.edu (http://biology.duke.edu/wraylab/papers/Nyberg&al_2006.pdf) [PDF]).

Weblinks

Commons: Kategorie „Carcharodon megalodon“ (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Carcharocles_megalodon?uselang=de) – Sammlung von Bildern, Videos und Audiodateien

- The Paleobiology Database *Carcharocles* (http://paleodb.org/cgi-bin/bridge.pl?action=checkTaxonInfo&taxon_no=34603&is_real_user=1)
- Rekonstruktion des Megalodon (https://web.archive.org/web/20110611063106/http://www.elasmo-research.org/education/evolution/reconstruct_megalodon.htm) (Memento vom 11. Juni 2011 im *Internet Archive*) (englisch)
- *Der Megalodon* (http://www.haiwelt.de/specials/megalodon/megalodon.php) bei Haiwelt.de
- kryptozoologie-online.de (http://www.kryptozoologie-online.de/Enzyklopadie/Enzyklopadie/megalodon.html) – Enzyklopädische Beschreibung und umfassende, wohlbelegte Abhandlung zum Thema neuzeitliche Sichtungen und unfossilierte Zahnfunde im Pazifik, die ein Überleben des C. m. bis zur letzten Eiszeit nahelegen sollen.

Einzelnachweise

1. Robert W. Boessenecker, Dana J. Ehret, Douglas J. Long, Morgan Churchill, Evan Martin und Sarah J. Boessenecker: *The Early Pliocene extinction of the mega-toothed shark* Otodus megalodon*: a view from the eastern North Pacific.* In: *PeerJ.* Band 7, 2019, S. e6088, doi:10.7717/peerj.6088
2. Catalina Pimiento, Christopher F. Clements: *When Did Carcharocles megalodon Become Extinct? A New Analysis of the Fossil Record*. In: *PLOS ONE*. Band 9, Nr. 10, 22. Oktober 2014, S. e111086, doi:10.1371/journal.pone.0111086 (https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111086).
3. Pimiento et al. 2010, S. 3.
4. Gottfried et al. 1996, S. 55.
5. Bendix-Almgreen 1983, S. 1.

6. Purdy 1996, S. 71.
7. Aguilera und Rodrigues de Aguilera 2004, S. 368.
8. John Clay Bruner: *The Megatooth shark, Carcharodon megalodon Rough toothed, huge toothed*. In: *Dept. of Biological Sciences and Laboratory for Vertebrate Paleontology*. University of Alberta, Edmonton, Alberta, T6G 2E9 Kanada 1997 (academia.edu (http://www.academia.edu/6928311/The_Megatooth_shark_Carcharodon_megalodon_Rough_toothed_huge_toothed)).
9. David Herskowitz, Peter Wiggins: *Huge Shark Jaw.* In: *Natural History. Heritage Auctions.* 21. Dezember 2010. fineart.ha.com (https://fineart.ha.com/s/d/shark-jaws.pdf) (PDF; 610 kB).
10. Pimiento et al. 2013, S. 761.
11. Renz 2002, S. 4.
12. James Riordon: *Hell's teeth.* In: *NewScientist Magazine.* 2190, Juni 1999, S. 32.
13. Gottfried et al. 1996, S. 63–64.
14. Bendix-Almgreen 1983, S. 7.
15. Gottfried et al. 1996, S. 58.
16. Pimiento et al. 2010, Abb. S1
17. Gottfried et al. 1996, S. 64.
18. Gary S. Morgan: *Whiter the giant white shark?* In: *A newsletter of paleontology.* 2, Nr. 3, 1994 museumoftheearth.org (https://web.archive.org/web/20131005012116/http://www.museumoftheearth.org/files/pubtext/item_pdf_289.pdf) (Memento des Originals (https://giftbot.toolforge.org/deref.fcgi?url=http%3A%2F%2Fwww.museumoftheearth.org%2Ffiles%2Fpubtext%2Fitem_pdf_289.pdf) vom 5. Oktober 2013 im *Internet Archive*) **Info:** Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß Anleitung und entferne dann diesen Hinweis. (PDF; 3,5 MB).
19. Gottfried et al. 1996, S. 59–61.
20. Pimiento et al. 2010, S. 7.
21. Wroe et al. 2008, S. 338.
22. Kenshu Shimada: *The size of the megatooth shark, Otodus megalodon (Lamniformes: Otodontidae), revisited.* In: *Historical Biology.*, 2019, doi:10.1080/08912963.2019.1666840.
23. Renz 2002, S. 88.
24. Pimiento et al. 2010, S. 6.
25. Gottfried et al. 1996, S. 61.
26. Pimiento, C., Balk, M., Catalina: *Chronoclinal body size increase of the extinct giant shark Megalodon (Carcharocles megalodon)*. In: *Society of Vertebrate Paleontology*. 2013.
27. Pimiento et al. 2015, S. 481.
28. Pimiento et al. 2015, S. 483.
29. Pimiento et al. 2015, S. 484.
30. Renz 2002, S. 35–36.
31. Louis Agassiz: *Recherches sur les poissons fossiles …* Hrsg.: Biodiversity Heritage Library. 3: *Placoïdes.* (1833–1843). Petitpierre, Neuchatel, S. 247–249, doi:10.5962/bhl.title.4275 (https://doi.org/10.5962/bhl.title.4275) (biodiversitylibrary.org (http://www.biodiversitylibrary.org/item/23762#page/263/mode/1up)).
32. Purdy 1996, S. 69.
33. Renz 2002, S. 23–24.
34. Nyberg et al. 2006, S. 806.
35. Nyberg et al. 2006, S. 807.
36. Jordan, D. S. und H. Hannibal: *Fossil sharks and rays of the Pacific Slope of North America*. In: *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*. Band 22, 1923, S. 27–63.

37. Bretton W. Kent, George W. Powell, Jr.: *Reconstructed dentition of the rare lamnoid shark Parotodus benedeni (le Hon) from the Yorktown Formation (Early Pliocene) at Lee Creek Mine, North Carolina*. In: *The Mosasaur*. Band 6, 1999, S. 3 (petit-fichier.fr (http://www.petit-fichier.fr/2013/01/27/kent-b-w-powell-g-w-1999-parotodus-plioc/kent-b-w-powell-g-w-1999-parotodus-plioc.pdf) [PDF]).
38. Ehret D. J., Hubbell G., Macfadden B. J.: *Exceptional preservation of the white shark Carcharodon from the early Pliocene of Peru*. In: *Journal of Vertebrate Paleontology*. Band 29, Nr. 1, 2009, S. 3, doi:10.1671/039.029.0113 (https://doi.org/10.1671/039.029.0113) (forummf.free.fr (http://forummf.free.fr/upload/Carcharodon.pdf) [PDF]). forummf.free.fr (https://web.archive.org/web/20131020230723/http://forummf.free.fr/upload/Carcharodon.pdf) (Memento des Originals (https://giftbot.toolforge.org/deref.fcgi?url=http%3A%2F%2Fforummf.free.fr%2Fupload%2FCarcharodon.pdf) vom 20. Oktober 2013 im *Internet Archive*) **Info:** Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß Anleitung und entferne dann diesen Hinweis.
39. Mikael Siverson, Johan Lindgren, Michael G. Newbrey, Peter Cederström und Todd D. Cook: *Late Cretaceous (Cenomanian-Campanian) mid-palaeolatitude sharks of Cretalamna appendiculata type*. In: *Acta Palaeontologica Polonica*. 2013, S. 2, doi:10.4202/app.2012.0137 (https://doi.org/10.4202/app.2012.0137).
40. Kenshu Shimada, Richard E. Chandler, Otto Lok Tao Lam, Takeshi Tanaka und David J. Ward: *A new elusive otodontid shark (Lamniformes: Otodontidae) from the lower Miocene, and comments on the taxonomy of otodontid genera, including the 'megatoothed' clade.* In: *Historical Biology.* Band 29 (5), 2017, S. 704–714, doi:10.1080/08912963.2016.1236795
41. Nicolae Trif, Rodica Ciobanu und Vlad Codrea: *The first record of the giant shark Otodus megalodon (Agassiz, 1835) from Romania.* In: *Brukenthal. Acta Musei.* Band 11 (3), 2016, S. 507–526.
42. Zhelezko V, Kozlov V: *Elasmobranchii and Paleogene biostratigraphy of Transurals and Central Asia. Materials on stratigraphy palaeontology of the Urals*. In: *Ekkaterinburg: Russian Academy of Sciences Urals Branch Uralian Regional Interdepartment Stratigraphical Commission*. Band 3, 1999, S. 324.
43. Bretton W. Kent: *Speculations on the Size and Morphology of the Extinct Lamnoid Shark, Parotodus bend (le Hon)*. In: *The Mosasaur*. Band 6, 1999, S. 12 (petit-fichier.fr (http://www.petit-fichier.fr/2013/01/27/kent-b-w-1999-taille-parotodus-benedenii/kent-b-w-1999-taille-parotodus-benedenii.pdf) [PDF]).
44. Wroe et al. 2008, S. 339.
45. Olivier Lambert, Giovanni Bianucci, Klaas Post, Christian de Muizon, Rodolfo Salas-Gismondi, Mario Urbina, Jelle Reumer: *The giant bite of a new raptorial sperm whale from the Miocene epoch of Peru.* In: *Nature.* Band 466, S. 105–108, 1. Juli 2010. ateneo.unmsm.edu.pe (http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/317/1/nature01v466_2010.pdf) (PDF; 527 kB).
46. Purdy 1996, S. 75.
47. R. J. Kallal, S. J. Godfrey and D. J. Ortner: *Bone Reactions on a Pliocene Cetacean Rib Indicate Short-Term Survival of Predation Event*. In: *International Journal of Osteoarchaeology*. Band 22, Nr. 3, 2010, S. 253–260, doi:10.1002/oa.1199 (https://doi.org/10.1002/oa.1199).
48. Renz 2002, S. 32–33.
49. Aguilera und Rodrigues de Aguilera 2004, S. 370.
50. Wroe et al. 2008, S. 340.
51. Pimiento et al. 2013, S. 770.
52. Purdy 1996, S. 76–77.
53. Renz 2002, S. 41.
54. Gottfried et al. 1996, S. 65.
55. Renz 2002, S. 40.

56. Österreichisches Landesmuseum Linz (http://www.landesmuseum.at/)

Abgerufen von „https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Megalodon&oldid=201602419“

Diese Seite wurde zuletzt am 5. Juli 2020 um 19:45 Uhr bearbeitet.

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden.
Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.